

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-321662

(P2001-321662A)

(43) 公開日 平成13年11月20日 (2001. 11. 20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト<sup>\*</sup>(参考)

B 0 1 J 19/08  
C 2 3 C 16/509  
H 0 1 L 21/205  
21/3065  
H 0 5 H 1/46

B 0 1 J 19/08  
C 2 3 C 16/509  
H 0 1 L 21/205  
H 0 5 H 1/46  
H 0 1 L 21/302

H 4 G 0 7 5  
4 K 0 3 0  
5 F 0 0 4  
M 5 F 0 4 5  
B

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2000-144791(P2000-144791)

(22) 出願日 平成12年5月17日 (2000. 5. 17)

(71) 出願人 391020986

日本高周波株式会社

神奈川県横浜市緑区中山町1119

(72) 発明者 篠原 己拔

神奈川県横浜市緑区小山町607-5

(74) 代理人 100094536

弁理士 高橋 隆二 (外2名)

Fターム(参考) 4G075 AA30 BA01 BC04 BC06 EB42

4K030 FA03 HA07 JA18 KA30 KA32

KA45

5F004 AA01 BA20 BB11 BD04 CA03

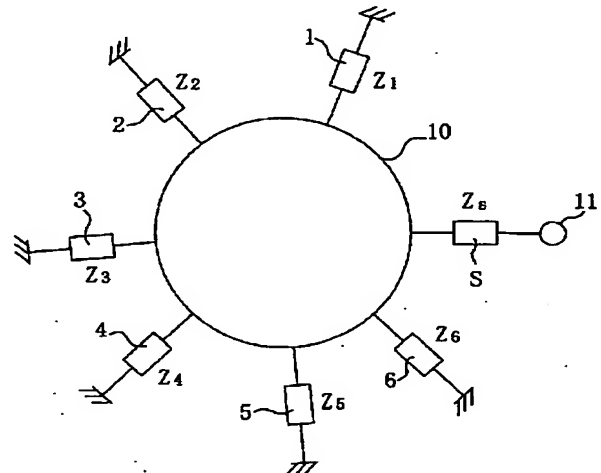
5F045 AA08 BB02 EH06 EH20

(54) 【発明の名称】 均一電界分布型プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 大面積のウェーファー面上におけるプラズマの電子密度およびその分布の均一化を図るために、ウェーファー面上の電磁界分布を均一化する手段として、均一電界分布型プラズマ処理装置を提供する

【解決手段】 平板電極の周囲に、複数個の素子を配置してそれぞれを該電極に電気的に接続し、該電極に高周波電力を給電し、各素子のインピーダンスの値を該電極の電界分布が均一になるように選定する。給電する高周波電力を周波数の異なった複数の電力とし、各素子のインピーダンスの値を、それぞれの高周波電力の周波数に対応して電極の電界分布が均一になるように最適な値に選ぶ。複数の電力として基本周波数およびその奇数倍附近の周波数を用いるのは好適である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波を用いるプラズマ処理装置の平板電極の周囲に、複数の素子を配置してそれぞれを該電極に電氣的に接続し、該電極に中心または周辺部より高周波電力を給電し、前記各素子のインピーダンスの値を該電極の電界分布が均一になるように選定することにより、大きな面積のプラズマ処理を均一に行うことを特徴とする均一電界分布型プラズマ処理装置。

【請求項2】 給電する高周波電力を周波数の異なった複数の電力とし、各素子のインピーダンスの値を、電極の電界分布が均一になるようにそれぞれの高周波電力の周波数に対応して最適な値にした請求項1記載の均一電界分布型プラズマ処理装置。

【請求項3】 複数の高周波電力の周波数として、基本周波数およびその奇数倍附近の周波数を用いる請求項2記載の均一電界分布型プラズマ処理装置。

【請求項4】 各素子のインピーダンスを複数の異なる周波数に対応した可変リアクタンスにより調整する請求項2記載の均一電界分布型プラズマ処理装置。

【請求項5】 複数の異なる周波数に対応した分波器を高周波電源側に設けることにより、その相互の干渉を低減した請求項2記載の均一電界分布型プラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、半導体製造装置のCVD、液晶パネル、太陽電池、プラズマアッシャー、エッチングなどに用いる（高周波合成装置型）均一電界分布型プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェーファのCVD、液晶パネル、太陽電池、プラズマアッシャー、エッチングなどにおいて、高周波プラズマが現在一般的に使用されている。最近半導体ウェーファの大型化や大面積化の要求が高まっており、これに対応するプラズマ処理装置が求められている。大面積ウェーファの表面処理においては、ウェーファ面上のプラズマの電子密度が均一であることが望ましく、そのためにはウェーファ面上の電磁界強度の分布を均一にする（電極の電圧分布の均一化といい換えてもよい）ことが必要とされる。

【0003】そのような状況の下にあって、従来のプラズマ処理では、ウェーファ面上のプラズマの電子密度およびその分布の均一化の問題を克服する努力がなされている。その一例としてはマイクロ波帯では異なるモードの電磁界の組み合わせ（TE<sub>11</sub>とTM<sub>01</sub>）を用いる方法などが提案されているが、プラズマの電子密度およびその分布の均一化に対して、他の周波数帯にも適用可能な、より効果的な別法が求められているのが現状である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の事情に鑑みて提案されたもので、大面積のウェーファ面上におけるプラズマの電子密度およびその分布の均一化を図るために、ウェーファ面上の電磁界分布を均一化する手段として、均一電界分布型プラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための本発明は、高周波を用いるプラズマ処理装置の平板電極の周囲に、複数の素子を配置してそれぞれを電極に電氣的に接続し、その電極に中心または周辺部より高周波電力を給電し、前記各素子のインピーダンスの値を電極の電界分布が均一になるように選定することにより、大きな面積のプラズマ処理を均一に行うことを特徴とする均一電界分布型プラズマ処理装置である。

【0006】本発明に係るプラズマ処理装置においては、プラズマ発生用チャンバーの平板電極に電氣的に接続された複数の素子のインピーダンスを最適な値に選ぶことにより、ウェーファ面上の電磁界分布を均一化するものである。本発明はさらに、周波数の異なる複数の高周波電源を用いることもでき、その場合は、複数の素子のインピーダンスを電極の電界分布が均一になるようにそれぞれの高周波電力の周波数に対応して最適な値に選ぶことにより、ウェーファ面上の電磁界分布を均一化するものである。

【0007】上記の複数の異なる周波数としては、基本周波数およびその奇数倍附近の周波数を選ぶことも有効であり、また、電極に電氣的に接続された素子のリアクタンスを複数の異なる周波数に対応した調整可能な機構とすることも有効である。すなわち、各素子のインピーダンスを複数の異なる周波数に対応した可変リアクタンスによって調整することもできる。あるいはまた、各周波数に対応した分波器を設けることにより各周波数の干渉が発生し難いプラズマ処理装置となる。分波器を設ける場合の位置は各素子の高周波電源側である。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係るプラズマ処理装置の概略説明図で、処理装置の電極にインピーダンスZ<sub>i</sub>（Z<sub>1</sub>～Z<sub>N</sub>の例）を接続し、励振した説明図である。これによって本発明の技術的内容を具体的に説明する。図1において、10は平板電極、11は高周波電力源、Z<sub>s</sub>は電源素子Sのインピーダンスである。

【0009】図1に示すように、電極10の周囲に複数の、図示例では6個（一般的にはN個）の素子1～6を配置して、それぞれ電極10に電氣的に接続している。各素子1～6のインピーダンスをそれぞれZ<sub>1</sub>～Z<sub>N</sub>（一般的には、Z<sub>i</sub>（i=1～N））とする。簡単のために電力源は1個（11）とし、電源のインピーダンスをZ<sub>s</sub>とする。この素子1～6を適当に配置し、そのインピーダンスZ<sub>i</sub>の値を適当に設定すると、電極10にお

る電位分布すなわち電界分布が変わる。

【0010】このインピーダンス $Z_1$  ( $Z_1 \sim Z_6$ )の素子1~6を入れないと、高周波の波長に比して比較的大きな電極になると電極周辺の電位が高くなり、中心部の電位が低くなったり、電極の電力フィーダー部分の電位が低く、電極の先端部分が高電位になる高周波の定在波が生じたり、また長手方向(X方向とする)と横方向(Y方向とする)とが共振条件が異なったりして電位分布の平均化が非常に難しくなる。

【0011】本発明はこの問題の解決策である。固定された適当なインピーダンスの値を持った素子を電極周辺に適当に配置し電極へ電氣的に接続することにより、安定的に電極の共振条件が得られて、電極の電位分布が平坦に近づき、電界分布の平坦化を図ることができる。

【0012】複数の異なった周波数の高周波電力を電極に加える場合は、電極の周辺に取り付けるインピーダンス素子を複数の周波数に対しそれぞれ適当な値となるようなインダクタンス $L$ 、キャパシタンス $C$ および $R$  ( $R$ はなくてもよい)の構成にすれば、それぞれの周波数の定在波(共振波)の位相関係が選択できるので電極の電位分布がより平坦化される。

【0013】

【実施例】図2に線状の電極の場合を一例として示す。図2は40MHzの場合の電極面の距離に対する電圧分布図であるが、一般に波長を $\lambda$  [m]、電極の中心位置の電圧を $V_0$ とすれば、中心から距離 $d$ における電位分布 $V$ は次の式で表される。

$$V/V_0 = \sqrt{\{1 + \cos(4\pi d/\lambda)\}/2}$$

【0014】電極の長さを約1mとし、周波数を40MHzとすれば、波長 $\lambda = 7.5$  mであるので電極の先端 $d = 0.5$ では、

$$V/V_0 = \sqrt{\{1 + \cos(4\pi \times 0.5/7.5)\}/2} = 0.914$$

となり、電位分布は約10%以内の平坦化が成り立つ。

【0015】次に周波数が $f_1$ 、 $f_2$ の2つの高周波を用い、 $f_1$ 波の振幅 $l$ に対し $f_2$ 波の振幅 $m$ と位相 $\theta$ を最適な値に選ぶと次の式から距離 $d$ における電位 $V$ が求められる。

$$[1 + m \times \sqrt{\{1 + \cos \theta\}/2}] \times V/V_0 = \sqrt{\{1 + \cos(4\pi d/\lambda_1)\}/2} + m \times \sqrt{\{1 + \cos(4\pi d/\lambda_2 + \theta)\}/2}$$

【0016】周波数として $f_1 = 40$  MHzと $f_2 = 120$  MHzの2波を用い、 $\theta = 1.1\pi$ 、振幅 $m = 0.097$ とした場合を図3に示した。この図から電位分布は約1.5%以内の平坦化が成り立つことがわかる。

【0017】実際には電極の形状は平板状であり、図1に示したように複数個のインピーダンス素子を接続し電位分布の平坦化を図る。しかもプラズマ発生の場合、高周波電力の周波数を高くすることによりプラズマの励起が容易にでき、電子温度を高くしないで高いプラズマ密

度が得られる。具体的には約 $10^{12}/\text{cm}^3$ 程度の高密度が得られる。

【0018】周波数が異なる3つの高周波電力(以下簡単に「3波」と表す、同様に「2波」、「1波」を使用する)を加えるとさらに電圧分布を平坦化することができる。電圧分布の平坦化をさらに良好にする方法として、ある基本周波数およびその奇数倍の周波数附近の周波数を用いる方法がある。その理由を以下に説明する。

【0019】理想的な電圧分布波形として、電極の中心を軸として一次元で取り扱うことにする。図4に示すようにステップ状の電圧分布 $V$ を考える。

$$V(x) = V_0 \quad (|x| \leq a)$$

$$V(x) = 0 \quad (|x| > a)$$

【0020】この波形をフーリエ級数で展開すると次の式が得られる。

$$V(x) = 4V_0/\pi \cos(\pi x/2a) - (1/3) \cos(3\pi x/2a) + (1/5) \cos(5\pi x/2a) - (1/7) \cos(7\pi x/2a) \dots$$

【0021】この式は理想的な電圧分布波形が基本周波数およびその奇数倍の周波数の波形を合成することにより形成されることを示している。

【0022】実際には基本周波数およびその3倍附近および5倍附近の周波数の高周波電力を、位相および振幅を最適化して合成すればよい。この位相条件の設定に本発明の方法によるインピーダンス素子が有効となる。また、複数個の異なる周波数に対応した可変リアクタンスを、インピーダンス素子の調整可能な機構として電極に電氣的に接続すると調整が容易になる。さらに、複数個の異なる周波数に対応した分波器(ローパスフィルタまたはバンドパスフィルタなど)を高周波電源側に設ければ、その相互の干渉を低減することにより安定した動作が期待できる。

【0023】前記したように、周波数が異なる3つの高周波電力(3波)を加えるとさらに電圧分布の平坦化が得られるが、この場合のインピーダンスの選定には十分注意する必要がある。特に高い周波数におけるインピーダンスの値はストレーキャパシタンス(浮遊容量)やストレーインダクタンス等の注意を要する。

【0024】電極の周辺に配置接続するインピーダンスの例を以下に示す。加える高周波電力が1波の場合はキャパシタンス $C$ またはインダクタンス $L$ で十分であるが、キャパシタンス $C$ が一般的である。2波の場合は $L$ と $C$ の直並列回路を用いる。2波の場合の例を図5および図6に示す。また、3波の場合を図7に示す。図5において $C_1$ 、 $L_1$ は周波数 $f_1$ 用回路、 $C_2$ 、 $L_2$ は周波数 $f_2$ 用回路を示し、図6において $C_1$ 、 $L_1$ は周波数 $f_1$ 用回路、 $C_2$ 、 $L_2$ は周波数 $f_2$ 用回路を示す。図7はそれぞれ3波の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ および $f_3$ 用回路を示す。図7において、 $C_1$ 、 $L_1$ は周波数 $f_1$ 用回路、 $C_2$ 、 $L_2$ は周波数 $f_2$ 用回路、 $C_3$ 、 $L_3$ は周波数 $f_3$ 用回路を示す。

【0025】周波数が異なる3波を用いると、2波の場合よりもさらに電圧分布の平坦化が得られる。さらに電圧分布の平坦化を良好にする方法として、前記のように、ある基本周波数およびその奇数倍の周波数附近の周波数を用いる方法を適用することができる。すなわち、実際には基本周波数およびその3倍附近および5倍附近の周波数の高周波電力を位相および振幅を最適化して合成すればよい。この位相条件の設定に本発明の方法によるインピーダンス素子が有効となる。

【0026】

【発明の効果】本発明に係る均一電界型プラズマ処理装置は上記の構成であるから、プラズマチャンバー内の電極の周辺に複数の素子を配置し、これを電極に電気的に接続し、それらのインピーダンスを最適な値に選ぶという本発明の方法により、大面積の電極の電界分布の均一化を図ることができる。これにより大面積のウェーファーマ面のプラズマ処理に重要な電子密度を均一化することができるので、プラズマ処理の高品質化、効率化に寄与するところ極めて大である。

\*

\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の概略説明図

【図2】40MHzの場合の電極面の距離に対する電圧分布図

【図3】実施例における電圧分布図

【図4】ステップ状の電圧分布波形の説明図

【図5】2波の場合のLとCの直並列回路

【図6】2波の場合のLとCの他の直並列回路

【図7】3波の場合のLとCの直並列回路

10 【符号の説明】

1～6 素子

10 平板電極

11 高周波電源

$C_1 \sim C_4$  キャパシタンス

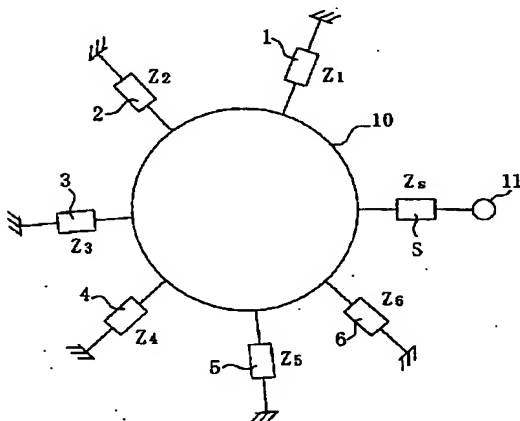
$L_1 \sim L_4$  インダクタンス

S 電源素子

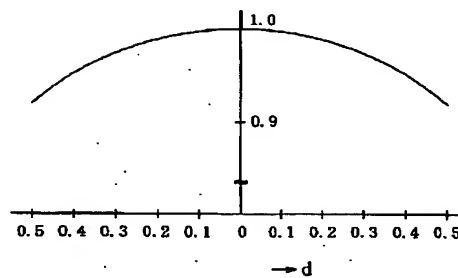
$Z_1 \sim Z_6$  インピーダンス

$Z_s$  電源インピーダンス

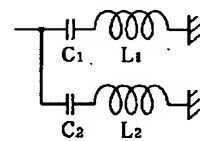
【図1】



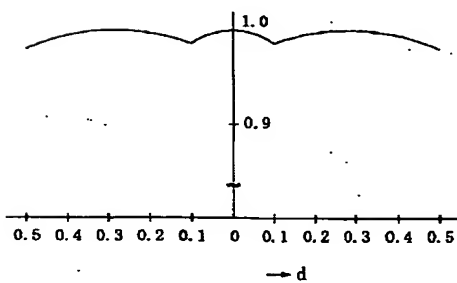
【図2】



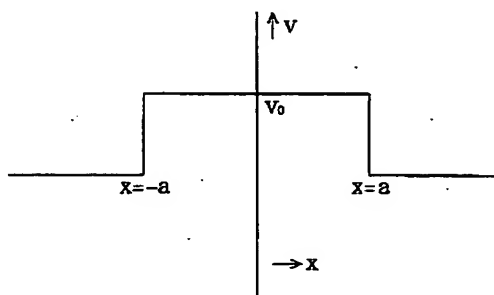
【図5】



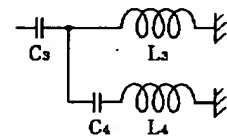
【図3】



【図4】



【図6】



【図7】

